

Requested Patent: JP2002170211A

Title:

SPIN-VALVE GIANT MAGNETORESISTIVE HEAD AND METHOD OF  
MANUFACTURING THE SAME ;

Abstracted Patent: US2002064005 ;

Publication Date: 2002-05-30 ;

Inventor(s):

ARASAWA MASATOSHI (JP); TANAKA HARUKO (JP); KAGAWA MASAYASU (JP);  
KOJIMA SHUICHI (JP); MORIJIRI MAKOTO (JP); NISHIOKA KOICHI (JP) ;

Applicant(s): ;

Application Number: US20010931255 20010817 ;

Priority Number(s): JP20000365771 20001128 ;

IPC Classification: G11B5/39 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

Multiple thin films of spin-valve GMR sensor are formed in a trapezoidal cross-sectional shape by laminating an antiferromagnetic layer, a pinned magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, a free magnetic layer and a nonmagnetic protective layer on a lower insulated gap layer. The amount of etching of the lower insulated gap layer produced in the process of patterning the spin-valve giant magnetoresistive layers into the multiple thin films of spin-valve GMR sensor is 10 nm or less. Further, the angle theta which the tangent line of each side face of the multiple thin films to the middle line of the free magnetic layer in its thickness direction forms with respect to the middle line of the free magnetic layer becomes 45 degrees or more. This structure makes it possible to provide such a spin-valve giant magnetoresistive head that it meets the requirements for securing constant breakdown voltage and preventing instability of MR output voltage waveform

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-170211

(P2002-170211A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 0 3 F 7/20	5 0 1 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 1	H 0 1 L 43/08	Z 5 D 0 3 4
H 0 1 L 43/08		43/12	
43/12		G 0 1 R 33/06	R
		審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 18 頁)	

(21) 出願番号 特願2000-365771(P2000-365771)

(22) 出願日 平成12年11月28日 (2000. 11. 28)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 荒沢 正敏

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 田中 温子

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

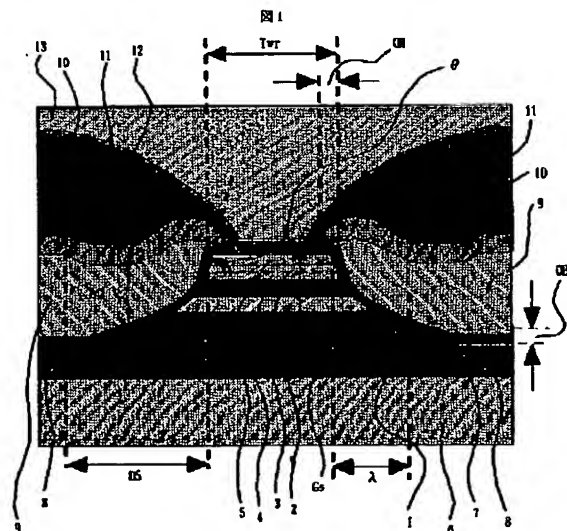
(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドに於いて、一定の絶縁破壊耐圧を確保し電気的信頼性を維持しつつ、スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果層に磁区制御磁界を付与して自由磁性層を単磁区化し、再生出力波形の変動を抑制する。

【解決手段】 下部絶縁ギャップ層7上に、反強磁性層1と固定磁性層2と非磁性導電層3と自由磁性層4と非磁性保護層5とから構成される断面形状が台形状のスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果層積層体D1に於いて、スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果層を前記積層体D1に成形する際に生ずる前記下部絶縁ギャップ層7のエッチング量が10nm以下であり、自由磁性層4の膜厚方向の中線における前記積層体D1側面の接線と前記自由磁性層4の中線とのなす角度 $\theta$ が45°以上であること。

【効果】 一定の絶縁破壊耐圧を確保できかつ再生出力波形の変動が抑制された、電気的信頼性及び磁気的信頼性を兼ね備えたスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを提供できる。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも、下部シールド層と、下部絶縁ギャップ層と、反強磁性層と、該反強磁性層に接して形成され一定方向に磁化方向が固定された固定磁性層と、自由磁性層と、前記固定磁性層と前記自由磁性層を磁気的に分離する非磁性導電層とを有する巨大磁気抵抗効果層積層体を有し、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の端部には前記自由磁性層の磁化方向を一定にするための磁区制御層と、前記巨大磁気抵抗効果層積層体に電流を供給するための導電層を有し、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の上には、上部絶縁ギャップ層と上部磁気シールド層を備えた構造を有する巨大磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記巨大磁気抵抗効果層積層体を構成する反強磁性層の層数が1層であり、且つ、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の上下を挟んでいる下部シールド層の上端から上部シールド層の下端までの距離を示す磁気ギャップ距離が $0.10\mu\text{m}$ 以下であり、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の端部側面の角度として、前記自由磁性層の膜厚方向の中線における前記巨大磁気抵抗効果層積層体端部の接線と、前記自由層の中線とのなす角度が $45^\circ$ 以上であることを特徴とするスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項2】少なくとも、下部シールド層と、下部絶縁ギャップ層と、反強磁性層と、該反強磁性層に接して形成され一定方向に磁化方向が固定された固定磁性層と、自由磁性層と、前記固定磁性層と前記自由磁性層を磁気的に分離する非磁性導電層とを有する巨大磁気抵抗効果層積層体を有し、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の端部には前記自由磁性層の磁化方向を一定にするための磁区制御層と、前記巨大磁気抵抗効果層積層体に電流を供給するための導電層を有し、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の上には、上部絶縁ギャップ層と上部磁気シールド層を備えた構造を有する巨大磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記巨大磁気抵抗効果層積層体を構成する反強磁性層の層数が2層であり、且つ、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の上下を挟んでいる下部シールド層の上端から上部シールド層の下端までの距離を示す磁気ギャップ距離が $0.12\mu\text{m}$ 以下であり、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の端部側面の角度として、前記自由磁性層の膜厚方向の中線における前記巨大磁気抵抗効果層積層体端部の接線と、前記自由層の中線とのなす角度が $45^\circ$ 以上であることを特徴とするスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項3】前記巨大磁気抵抗効果層積層体直下で前記下部磁気シールド層との間に挟まれた前記下部絶縁ギャップ層の厚さが、前記磁区制御層或いは導電層と下部シールド層との間に挟まれて形成されている部分の下部絶縁ギャップ層の厚さよりも、 $10\text{nm}$ 以下の範囲内で大きいことを特徴とする請求項1、又は請求項2に記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項4】前記巨大磁気抵抗効果層積層体の側面部分の幅が、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の全体膜厚以下であることを特徴とする請求項1、又は請求項2に記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項5】基板上に前記下部磁気シールド層を形成する工程と、前記下部磁気シールド層上に下部非磁性絶縁ギャップ層を形成する工程と、前記非磁性絶縁ギャップ層上に前記反強磁性層と前記固定磁性層と前記非磁性導電層と前記自由磁性層と前記非磁性保護層とで構成される多層膜を形成する工程と、前記多層膜上に $0.01\mu\text{m}\sim 0.05\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有する有機膜と $0.1\mu\text{m}\sim 0.35\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有するレジスト膜とで所望のマスクパターンを形成する工程と、前記マスクパターン以外の開口部下の前記多層膜及び前記下部絶縁ギャップ層をエッチングし、前記巨大磁気抵抗効果層積層体に成形する工程と、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の成形によって露出された前記非磁性絶縁ギャップ膜の一部分の上と前記マスクパターン上に前記磁区制御層と前記導電層を形成する工程と、前記マスクパターンを剥離して前記磁区制御層および前記導電膜をリフトオフする工程とを有することを特徴とするスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項6】基板上に前記下部磁気シールド層を形成する工程と、前記下部磁気シールド層上に下部非磁性絶縁ギャップ層を形成する工程と、前記非磁性絶縁ギャップ層上に前記反強磁性層と前記固定磁性層と前記非磁性導電層と前記自由磁性層と前記非磁性保護層とで構成される多層膜を形成する工程と、前記多層膜上に $0.01\mu\text{m}\sim 0.05\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有する有機膜を形成する工程と、 $0.1\mu\text{m}\sim 0.35\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有する無機膜を形成する工程と、 $0.1\mu\text{m}\sim 0.35\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有するレジスト膜で所望のマスクパターンを形成する工程と、前記マスクパターン以外の前記無機膜をエッチングし所望のパターンを形成する工程と、前記無機膜の前記パターンをマスクとして前記パターン以外の開口部下の前記多層膜および前記下部非磁性絶縁ギャップ層をエッチングし前記巨大磁気抵抗効果層積層体に成形する工程と、前記開口部の下の前記巨大磁気抵抗効果素子を構成する前記巨大磁気抵抗効果多層膜をエッチングし所定のパターンに形成する工程と、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の成形によって露出された前記非磁性絶縁ギャップ膜の一部分の上と前記マスクパターン上に前記磁区制御層と前記導電層を形成する工程と、前記マスクパターンを剥離して前記磁区制御層および前記導電膜をリフトオフする工程とを有することを特徴とするスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項7】基板上に前記下部磁気シールド層を形成する工程と、前記下部磁気シールド層上に下部非磁性絶縁ギャップ層を形成する工程と、前記非磁性絶縁ギャップ

層上に前記反強磁性層と前記固定磁性層と前記非磁性導電層と前記自由磁性層と前記非磁性保護層とで構成される多層膜を形成する工程と、 $0.1\mu\text{m}\sim 0.35\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有するレジスト膜で所望のマスクパターンを形成する工程と、かつ前記レジスト膜の最下面から高さ $0.05\mu\text{m}$ 以内を奥行き $0.05\mu\text{m}\sim 0.15\mu\text{m}$ の範囲内で前記レジスト膜の内側に食い込ませる工程と、前記マスクパターン以外の開口部下の前記多層膜および下部非磁性絶縁ギャップ層をエッチングし前記巨大磁気抵抗効果層積層体に成形する工程と、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の成形によって露出された前記非磁性絶縁ギャップ膜の一部分の上と前記マスクパターン上に前記磁区制御層と前記導電層を形成する工程と、前記マスクパターンを剥離して前記磁区制御層および前記導電膜をリフトオフする工程とを有することを特徴とするスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項8】前記レジスト膜は、露光波長 $365\text{nm}$ によるパターニングが可能な性質を有することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項9】前記レジスト膜は、露光波長 $248\text{nm}$ によるパターニングが可能な性質を有することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項10】前記レジスト膜は、露光波長 $193\text{nm}$ によるパターニングが可能な性質を有することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項11】前記レジスト膜は、電子線によるパターニングが可能な性質を有することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項12】前記レジスト膜は、露光波長 $365\text{nm}$ かつ電子線によるパターニングが可能な性質を有することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項13】前記レジスト膜は、露光波長 $248\text{nm}$ かつ電子線によるパターニングが可能な性質を有することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項14】前記レジスト膜は、露光波長 $365\text{nm}$ によるパターニングが可能な性質を有し、横断面形状が台形状で鉛直方向と前記レジスト膜側面のなす角度が $3^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載の巨大磁気抵抗効果

ヘッドの製造方法。

【請求項15】前記レジスト膜は、露光波長 $248\text{nm}$ によるパターニングが可能な性質を有し、横断面形状が台形状で鉛直方向と前記レジスト膜側面のなす角度が $3^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載の巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項16】前記レジスト膜は、電子線によるパターニングが可能な性質を有し、横断面形状が台形状で鉛直方向と前記レジスト膜側面のなす角度が $3^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載の巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項17】前記多層膜及び前記下部非磁性絶縁ギャップ層のエッチングに於いて、エッチング量を終点検知装置によって制御することを特徴とする請求項5、又は請求項6、又は請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子計算機及び情報処理装置等に用いられる磁気記録装置に於いて、磁気記録媒体の微細な単一磁区に書き込まれた磁気情報を再生するスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドに係り、特に、高磁気記録密度を達成するために必須となる狭トラックヘッドに於いて、バルクハウゼンノイズによる出力波形変動を抑制し、かつ充分なMR出力を得ることに好適なスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録装置に於いて、磁気情報の書き込み及び読み出しを行う薄膜磁気ヘッドはキーデバイスである。薄膜磁気ヘッドは、磁気情報を書き込む記録ヘッドと、記録媒体に書き込まれた磁気情報を読み出す再生ヘッドから構成されている。

【0003】磁気情報を記録媒体から読み出す再生ヘッドは、外部から印加された微弱磁界に対して抵抗変化を示す磁気抵抗効果素子或いは磁気抵抗効果素子よりも大きな抵抗変化を示す巨大磁気抵抗効果素子と、その抵抗変化をセンシングするために検出電流を供給する導電膜から構成される。

【0004】外部印加磁界に対して大きな抵抗変化率を示し、微弱磁界に対しても抵抗変化を生ずるスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドは、少なくとも反強磁性層と固定磁性層と自由磁性層と前記固定磁性層と前記自由磁性層とを分離する非磁性導電層と非磁性保護層とからなる巨大磁気抵抗効果層積層体と、自由磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向と直交するように維持する磁区制御層と、その巨大磁気抵抗効果層積層体に検出電流を供給して抵抗変化を検出する導電層とによって構成さ

れる。

【0005】スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいては、前記自由磁性層に必要な磁区制御磁界を与えて、前記自由磁性層を単磁区化し、バルクハウゼンノイズに起因した再生出力波形の変動を抑制することが重要な技術である。

【0006】図11は、従来のスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの一例を磁気記録媒体に対向する面側から見たときの横断面構造を示している。下部磁気シールド層41が形成され、この下部磁気シールド層41の上に下部絶縁ギャップ層42が形成され、この下部絶縁ギャップ層42の上には、反強磁性層1と、該反強磁性層1に接して一定方向に磁化方向が揃えられた固定磁性層2と、自由磁性層4と、前記固定磁性層2と前記自由磁性層4を磁気的に分離する非磁性導電層3と、非磁性保護層5とから構成される断面が台形状の巨大磁気抵抗効果層積層体D2が形成されている。

【0007】前記巨大磁気抵抗効果層積層体D2の側面傾斜部及び前記下部絶縁ギャップ層42の上に、前記自由磁性層4の磁化方向を前記固定磁性層2の磁化方向と直交する方向に揃えるための磁区制御層9と、前記磁区制御層9の下地層8と、巨大磁気抵抗効果層積層体D2に検出電流を供給し、磁気抵抗変化を検出するための導電層11と、前記導電層11の下地層10とが形成され、前記巨大磁気抵抗効果層積層体D2上及び前記導電層11の上に、上部絶縁ギャップ層47と、上部磁気シールド層48とが形成される。

【0008】この様なスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドでは、前記自由磁性層4に対して充分な磁区制御を加えるだけの磁界を与えることによって、前記自由磁性層4の磁化方向を安定にすることによってバルクハウゼンノイズの発生を防止し、再生出力波形の変動を防止することで安定なヘッドを供給することができる。

【0009】バルクハウゼンノイズを低減し出力波形変動を抑制する方法として、例えば、特開2000-215424号公報にはフリー磁性層の膜厚方向にフリー磁性層の膜厚よりも大きな膜厚を有するハードバイアス層の平坦部を同じ階層位置に配置する方法が提示されている。このフリー磁性層とは前記自由磁性層のことである。しかしながら、この方法だけでは出力変動の発生を防止した磁気ヘッドを提供することはできない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、出力波形変動を抑制することのできるスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを提供すると共にその製造方法を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドに於いて、出力波形変動の発生を防止する点について、巨大磁気抵抗効果層積層体の端部の傾斜

角について着目し、その傾斜角を変化させたスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを作成し、その出力波形変動の発生確率を測定した。この結果から前記巨大磁気抵抗効果層積層体の端部傾斜部分における傾斜角度の大きさを変えることによって、バルクハウゼンノイズの発生による出力波形変動の確率が変化することを実験によって明らかにした。その結果、巨大磁気抵抗効果層積層体の端部における自由磁性層の膜厚方向の中線位置における前記巨大磁気抵抗効果層積層体の端部斜面部分の接線が、前記自由磁性層の中線とのなす角度を $45^\circ$ 以上にすべきであることが解った。

【0012】また、巨大磁気抵抗効果層の構成としては、反強磁性層を1層用いている構成のスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果層の場合でも、或いは、反強磁性層を2層用いている構成のスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果層の場合でも、その自由磁性層の膜厚方向の中線位置を基準にして巨大磁気抵抗効果層積層体の端部斜面部分の接線が、前記自由磁性層の中線とのなす角度を $45^\circ$ 以上にすべきである。

【0013】この様に巨大磁気抵抗効果層積層体の端部斜面部分の角度を $45^\circ$ 以上にするためには、その製造方法として、巨大磁気抵抗効果層を形成した後に、フォトリソグラフィパターン等のマスク材を用いて、イオンミリング法等の方法でエッチングする際に、巨大磁気抵抗効果層をエッチングした時間よりも長時間のエッチング時間を加えて、エッチング量を増やすオーバーエッチング法を取ることで端部傾斜角度を $45^\circ$ 以上にすることができる。しかしながら、巨大磁気抵抗効果層の下部には、下部磁気ギャップ膜が形成されているので、前記オーバーエッチング時にはこの膜をエッチングしてしまい、下部磁気ギャップ膜の厚さが薄くなるという問題がある。下部磁気ギャップ膜は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜や $\text{SiO}_2$ 膜、あるいはそれらの混合膜等の非磁性の絶縁膜を用いられている。この膜が薄くなると、その上に形成される磁区制御層、或いは、導電層等の膜と、下部シールド層との間の絶縁耐圧が小さくなり、磁気ヘッドの性能が劣化するという問題もある。

【0014】このため、下部絶縁ギャップ層の厚さは、巨大磁気抵抗効果層の直下の下部シールド層との間に挟まれた部分の膜厚に対して、磁区制御層或いは導電層と下部シールド層の間に挟まれている部分の膜厚の減少量が、大きくても $10\text{nm}$ 以下にすべきであることを実験的に確認したものである。すなわち、巨大磁気抵抗効果層直下の下部絶縁ギャップ層の厚さと、磁区制御層或いは導電層と下部シールド層との間に挟まれている下部絶縁ギャップ層の厚さの差は、 $10\text{nm}$ 以下であることを示している。このことは、巨大磁気抵抗効果層積層体を形成する際の、前記オーバーエッチングの量を $10\text{nm}$ 以下にすることと同じことを示している。

【0015】また、この様な巨大磁気抵抗効果層積層体

を作成するプロセスとして、イオンミリング時のマスク材となるフォトリソパターン厚の厚さが出来上がりの形状に大きく影響することが解り、 $0.01\mu\text{m}\sim 0.05\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有する有機膜と $0.1\mu\text{m}\sim 0.35\mu\text{m}$ の範囲内の膜厚を有するレジスト膜を積層して形成することが良いことを明らかにした。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るスピバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの実施形態を、図面に基いて説明する。

【0017】〔第1の実施形態〕図1は、本発明の第1の実施形態を示すスピバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを記録媒体との対向面から見た時の横断面の構造を示したものである。セラミック等の基板の上に、絶縁保護層が形成され、この絶縁保護層の上に下部磁気シールド層6が形成され、この下部磁気シールド層6の上に $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  或いはその混合膜等の非磁性膜によって構成された等の下部絶縁ギャップ層7が形成される。下部絶縁ギャップ層7の上には、PtMn等の反強磁性層1が形成される。この反強磁性層1は単層では無く、Ta等の下地層と一緒に形成した複数層を用いる事ができる。その上には、該反強磁性層1に接して一定方向に磁化方向が揃えられたNiFe等の固定磁性層2と、NiFe等の自由磁性層4と、前記固定磁性層2と前記自由磁性層4を磁気的に分離するCu等の非磁性導電層3が形成され、最上層にはTa等の非磁性保護層5が形成され、構成される巨大磁気抵抗効果層が形成される。

【0018】前記巨大磁気抵抗効果層は、フォトリソパターンをマスクとしてイオンミリング法などのエッチング方法を用いて巨大磁気抵抗効果層積層体D1を作成し、再生トラック幅を形成する。このように形成された前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の側面傾斜部及び前記下部絶縁ギャップ層7の上に、前記自由磁性層4の磁化方向を前記固定磁性層2の磁化方向と直交する方向に揃えるための磁区制御層9と、前記磁区制御層9の下地層8と、前記固定磁性層2と前記非磁性導電層3と前記自由磁性層4とに電流を与え、かつ巨大磁気抵抗変化を検出する導電層11と、導電層11の下地層10とが形成される。前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1上及び前記導電層11の上には、上部絶縁ギャップ層12と、上部磁気シールド層13とが形成される。

【0019】ここで、図1で示される前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1が、磁気記録媒体に対向して、磁気記録媒体の微細な単一磁区からの微弱な磁界を検出する。図1に於いて、前記自由磁性層5の中線の幅がリードトラック幅 $T_{wr}$ に対応し、前記下部絶縁ギャップ層8における最大膜厚と最小膜厚との差がオーバーエッチング量OEに対応し、前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の側面部分の幅がテーパ部裾引き幅入に対応し、前記下

部磁気シールド層7の最上面と前記上部磁気シールド層14の最下面との最小間隔がGs(上下シールド間隔)に対応し、前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の側面に対する前記自由磁性層5の中線での接線と前記自由磁性層5の前記中線とのなす角度が自由磁性層端部傾斜角に対応する。前記自由磁性層端部傾斜角 $\theta$ が $45^\circ$ 以上であることを有することにより、前記テーパ部裾引き幅入は必然的に前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の全体膜厚以下であることを有する。前記固定磁性層は、非磁性中間層を介して形成される積層構造であってもよい。

【0020】図12-a及び図12-bは、巨大磁気抵抗効果層積層体21と磁区制御層54から構成されるスピバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの横断面概念図である。磁区制御層54の磁化及び磁区制御層54の残留磁化膜厚積が一定の場合、磁区制御層54と接する自由磁性層最表面に誘起される面磁極密度は自由磁性層端部傾斜角の正弦に比例すると考えられるので、自由磁性層端部傾斜角が急峻である程自由磁性層における磁気的不安定性が低減されバルクハウゼンノイズによる出力波形変動を抑制することができるものと推定される。従って、自由磁性層端部傾斜角が急峻である方がよいと考えられる。

【0021】そこで、前記巨大磁気抵抗効果層を前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1に成形する前記イオンミリング法において、前記オーバーエッチング量を変えることによって、その時形成される自由磁性層端部の角度を求めた。図13には、オーバーエッチング量と前記自由磁性層端部傾斜角との関係を調べた結果を示す。この図から、オーバーエッチング量を増やすほど端部の曲線テーパが急峻になることがわかる。

【0022】そこで、次にオーバーエッチング量を変えた素子を試作して、自由磁性層端部傾斜角とバルクハウゼンノイズの発生確率を求めた。得られた結果を図14に示す。図14に示すバルクハウゼンノイズと自由層端部傾斜角との関係から、端部傾斜角が大きい程バルクハウゼン不良率が低減し、 $45^\circ$ 以上になるとバルクハウゼンノイズ不良率は10%以下になることを実験的に明らかにした。

【0023】高記録密度化にともなう高BPI化は、上下シールド層間のギャップを狭める方向にある。この狭ギャップ化は、上下絶縁ギャップ層の膜厚を薄膜化にしなければならないことを意味する。特に、前記下部絶縁ギャップ層は前記巨大磁気抵抗効果層を断面形状が台形状の前記巨大磁気抵抗効果層積層体にエッチングするときのオーバーエッチングによって、磁区制御層あるいは導電層直下の部分では初期の膜厚よりも薄くなるために、下部磁気シールド層と巨大磁気抵抗効果層間の絶縁耐圧が小さくなるという問題を生じる。

【0024】我々の実験では、シングルスピンバルブ型の上下シールド間ギャップが $0.1\mu\text{m}$ の場合、下部絶



緑ギャップ層の膜厚が30nmであり、デュアルスピンバルブ型の上下シールド間ギャップが0.12μmの場合、下部絶縁ギャップ層の膜厚が30nmである。そこで、前記下部絶縁ギャップ層の膜厚を30nmとした場合に、磁区制御層あるいは導電層直下の部分の下部絶縁ギャップ層膜厚と絶縁不良率を求めた。

【0025】図15は、下部絶縁ギャップ層の膜厚が30nmにおけるスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの前記下部絶縁ギャップ層の膜厚と絶縁不良率との関係を調べたものである。この実験結果から、前記下部絶縁ギャップ層の残膜厚が20nm以上の時に絶縁不良率は10%以下に減少することを実験的に明らかにした。このことは、絶縁不良率10%以下の電気的信頼性を確保するためには、前記下部絶縁ギャップ層の初期膜厚が30nmの時、前記巨大磁気抵抗効果層のオーバーエッチング量は10nmまで許容できるということを意味する。

【0026】以上の結果から、再生出力波形の変動を抑制する磁気的信頼性と、絶縁耐圧を確保する電気的信頼性の双方をみたとすスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造は、オーバーエッチング量が10nm以下で、自由層端部傾斜角度が45°以上である構造が最適であることがわかる。このスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を実現するために、我々はイオンミリングの原理に立ち返って考えてみた。

【0027】図8に、イオンミリング法によって前記巨大磁気抵抗効果層積層体21を作成する工程を詳細に示す。イオンミリング法は照射されるイオンビーム等によって物理的に除去する方法であるが、そのイオンビームの入射角は均一ではなくある程度のビーム分散22がある。このため前記巨大磁気抵抗効果層積層体21の端部形状はマスクとなるフォトリソ20とイオンビームの分散角22によって曲線テーパ形状になる。

【0028】図9は、有機膜26とレジスト膜27の膜厚を図8と比較して薄膜化した場合を示すが、イオンビームの影になる面が少なくなるため曲線テーパが短くなると考えられる。したがって、テーパ部裾引き幅29に短縮され、自由磁性層端部傾斜角30に急峻化されることがわかる。

【0029】図16は、過剰掘り込み量が6nmの場合における、マスクパターンM1のレジスト膜厚と前記自由磁性層端部傾斜角及びテーパ部裾引き幅との関係を調べた実験結果である。この実験結果から、0.35μm以下のレジスト膜厚において前記自由磁性層端部傾斜角を45°以上にできると及びテーパ部裾引き幅が前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の全体膜厚(50nm)以下になることを明らかにした。

【0030】図1に示すスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを製造するためには、図2に示す様に、まず基板上に下部磁気シールド層7、下部絶縁ギャップ層8を

形成し、下地膜1、反強磁性層2、固定磁性層3、非磁性導電層4、自由磁性層5、非磁性保護層6を順次成膜し、前記非磁性保護層6上に0.01μm～0.05μmの範囲内の膜厚を有する有機膜と0.1μm～0.35μmの範囲内の膜厚を有するレジスト膜16を形成し、露光及び現像処理によってレジスト膜16直下を0.15μm以下の範囲内でレジスト膜16の内側にアンダーカットさせたマスクパターンM1を形成する。

【0031】この時、レジスト膜は図3で示す様にレジスト膜16の横断面形状が台形状であってもよい。図10で示す様にレジスト膜31の横断面形状が台形状で、鉛直方向とレジスト膜31側面とのなす角度32がビーム分散角22よりも大きい場合には、前記自由磁性層端部傾斜角がさらに急峻になる。通常、ビーム分散角度は3°程度であるため前記角度32は、3°以上あることが好ましい。

【0032】ついで、図6に示す様に前記マスクパターンM1に覆われない部分をイオンミリング法によって前記オーバーエッチング量OEを10nm以下に制限し、かつ前記自由磁性層端部傾斜角が45°以上である前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1に成形する。ついで、図7に示す様に前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の成形によって露出された前記下部絶縁ギャップ層8の一部分の上と前記巨大磁気抵抗効果層積層体D1の側面傾斜部と前記マスクパターンM1上に前記下地膜9と前記磁区制御層10と前記下地膜11と前記導電層12がこの順番で形成される。この後、前記マスクパターンM1はリフトオフによって除去され、図1に示すスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの横断面構造が得られる。

【0033】マスクパターンM1を形成するレジスト材料は、0.35μm以下の薄膜で必要な幅にパターン形成ができるフォトリソを使用することができる。たとえば、露光波長365nmによるパターニングが可能な性質を有するレジスト、露光波長248nmによるパターニングが可能な性質を有するレジスト、露光波長193nmによるパターニングが可能な性質を有するレジスト、電子線によるパターニングが可能な性質を有するレジストを使用することができる。

【0034】また、電子線露光法と光露光法とを組み合わせることによって、露光波長365nmかつ電子線によるパターニングが可能な性質を有するレジスト或いは露光波長248nmかつ電子線によるパターニングが可能な性質を有するレジストを使用することができる。

【0035】〔第2の実施形態〕図18は、本発明の第2の実施形態を示すスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを記録媒体との対向面からみたときの横断面の構造を示したものである。この実施形態が、第1の実施形態と異なるのは、図1に示す様なスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの積層体が、下地層100と、PtMn等の反強磁性層101と、該反強磁性層101に接して

いて一定方向に磁化方向が揃えられたNiFe等の固定磁性層102と、外部から印加される磁界によって自由に磁化方向を変えられる自由磁性層104と前記固定磁性層102を磁氣的に分離するCu等の非磁性導電層103と、NiFe等の前記自由磁性層104と、Cu等の非磁性導電層105と、NiFe等の固定磁性層106と、PtMn等の反強磁性層107と、Ta等の非磁性保護層108とでこの順に積層された積層体D3を有することである。前記固定磁性層は、非磁性中間層を介して形成される積層構造であってもよい。この第2の実施形態で示した前記積層体D3は、いわゆるデュアルスピンバルブ型と呼ばれる構造である。

【0036】我々の実験では、デュアルスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの場合、上下シールド間隔が0.12 $\mu$ mの時に前記下部絶縁ギャップ層の初期膜厚が30nmである。

【0037】第1の実施形態と同様に、実験結果から再生出力波形の変動を抑制する磁氣的信頼性と、絶縁耐圧を確保する電氣的信頼性の双方をみたすスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造は、オーバーエッチング量が10nm以下で、自由磁性層端部傾斜角度が45°以上である構造が最適である。そして図18で示したヘッド構造は、第1の実施形態で示した、0.35 $\mu$ m以下のレジスト膜厚を有するマスクパターンM1を用いる製造方法によって実現することができる。

【0038】実際に第1の実施形態で示される製造方法によって作成した本発明のデュアルスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを、記録媒体との対向面から走査型電子顕微鏡で撮影した写真を図17に示す。巨大磁気抵抗効果層積層体の自由磁性層端部傾斜角度は53°及び56°であり、オーバーエッチング量OEは7nmであることが確認できた。図17で示したデュアルスピンバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドのバルクハウゼン不良率は5%程度であり、絶縁不良率も5%程度を達成した。

【0039】またこの実施例では、前記磁区制御層の平坦部における膜厚の99%になる位置と、前記磁区制御層と前記自由磁性層の中線における同側面の端部との水平距離DSが157nmであった。この実施例から、前記DSは200nm以内の範囲にあることが好ましい。

【0040】〔第3の実施形態〕この実施形態は、第1及び第2の実施形態で示した製造方法において、マスクパターンをレジスト膜17のみで構成するものである。前記レジスト膜17の膜厚は0.1 $\mu$ m～0.35 $\mu$ mの範囲内であり、露光及び現像処理によって前記レジスト膜17の最下面から0.05 $\mu$ m以内を、基板と水平方向に0.05 $\mu$ m～0.15 $\mu$ mの範囲内で前記レジスト膜17の内側に食い込ませることによって、マスクパターンM3が形成できる。

【0041】マスクパターンM3を形成するレジスト材料は、0.35 $\mu$ m以下の薄膜で必要な幅にパターン形

成ができるフォトリソトを使用することができる。例えば、露光波長365nmによるパターンニングが可能な性質を有するレジスト、露光波長248nmによるパターンニングが可能な性質を有するレジスト、露光波長193nmによるパターンニングが可能な性質を有するレジスト、電子線によるパターンニングが可能な性質を有するレジストを使用することができる。

【0042】また、電子線露光法と光露光法とを組み合わせることによって、露光波長365nmかつ電子線によるパターンニングが可能な性質を有するレジスト或いは露光波長248nmかつ電子線によるパターンニングが可能な性質を有するレジストを使用することができる。

【0043】〔第4の実施形態〕この実施形態は、第1及び第2の実施形態で示した製造方法に於いて、マスクパターンを有機膜14、無機膜18及びレジスト膜15で構成するものである。

【0044】図5に示す様に、まず非磁性保護層5上に0.01 $\mu$ m～0.05 $\mu$ mの範囲内の膜厚を有する有機膜14を形成する。ついで、前記有機膜14の上に0.1 $\mu$ m～0.3 $\mu$ mの範囲内の膜厚を有するSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の無機膜18をイオンスパッタ法等によって形成する。ついで、前記無機膜18上に0.1 $\mu$ m～0.35 $\mu$ mの範囲内の膜厚を有する前記レジスト膜15を形成する。ついで、露光及び現像処理によってレジスト膜15を所望のマスクパターンに形成する。ついで、前記マスクパターン以外の前記無機膜18をリアクティブイオンエッチング法等によってエッチングする。ついで、前記無機膜18のエッチングによって露出された前記有機膜14をアッシング等で除去することによって、0.05 $\mu$ m～0.15 $\mu$ mの範囲内で前記無機膜18直下を内側に食い込ませる。これにより、所望のマスクパターンM4が形成される。この時、内側に食い込ませる量は、アッシングの時間によって制御することができる。

【0045】マスクパターンM4を形成するレジスト材料は、0.35 $\mu$ m以下の薄膜で必要な幅にパターン形成ができるフォトリソトを使用することができる。例えば、露光波長365nmによるパターンニングが可能な性質を有するレジスト、露光波長248nmによるパターンニングが可能な性質を有するレジスト、露光波長193nmによるパターンニングが可能な性質を有するレジスト、電子線によるパターンニングが可能な性質を有するレジストを使用することができる。

【0046】また、電子線露光法と光露光法とを組み合わせることによって、露光波長365nmかつ電子線によるパターンニングが可能な性質を有するレジスト或いは露光波長248nmかつ電子線によるパターンニングが可能な性質を有するレジストを使用することができる。

【0047】

【発明の効果】本発明によれば、前記巨大磁気抵抗効果



層を断面形状が台形状の巨大磁気抵抗効果層積層体に成形する際に生ずる前記下部絶縁ギャップ層のエッチング量が10nm以下であって、前記巨大磁気抵抗効果層積層体の両側に前記磁区制御層と前記導電層が形成され、前記自由磁性層の膜厚方向の中線における前記積層体側面の接線と前記自由磁性層の中線とのなす角度が $45^\circ$ 以上であることにより、一定の絶縁破壊耐圧を確保できかつ再生出力波形の変動が抑制された、電気的信頼性及び磁気的信頼性を兼ね備えたスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わるスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの第1の実施形態において、記録媒体と対向する面から見たときの横断面構造である。

【図2】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、マスクパターンを形成する工程を示す横断面図である。

【図3】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、マスクパターンを形成する工程を示す横断面図である。

【図4】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、マスクパターンを形成する工程を示す横断面図である。

【図5】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、マスクパターンを形成する工程を示す横断面図である。

【図6】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、前記積層体に成形する工程を示す横断面図である。

【図7】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、前記磁区制御層及び前記導電層を形成する工程を示す横断面図である。

【図8】図11に示す従来のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造に於いて、前記積層体に成形する工程を示す横断面図である。

【図9】図1、図18のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを実現する製造工程の詳細な説明図である。

【図10】本発明に係わるスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造工程における、別の好適な実施形態を示す横断面図である。

【図11】従来のスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドに於いて、記録媒体と対向する面から見たときの横断面構造である。

【図12】本発明の原理を示す概念図である。

【図13】従来の製造方法におけるオーバーミリング法と、前記自由磁性層の膜厚方向の中線における前記積層

体側面の接線と前記中線とのなす角度の関係を示すグラフである。

【図14】本発明の実施形態において、前記自由磁性層の膜厚方向の中線における前記積層体側面の接線と前記中線とのなす角度とバルクハウゼンノイズ不良率との関係を示すグラフである。

【図15】本発明の実施形態において、前記下部絶縁ギャップ層の残膜厚と絶縁耐圧不良率との関係を示すグラフである。

【図16】本発明の実施形態に於いて、前記レジスト膜厚と、前記自由磁性層の膜厚方向の中線における前記積層体側面の接線と前記中線とのなす角度及び前記積層体側面の前記曲線テーパ部分の裾引き量との関係を示すグラフである。

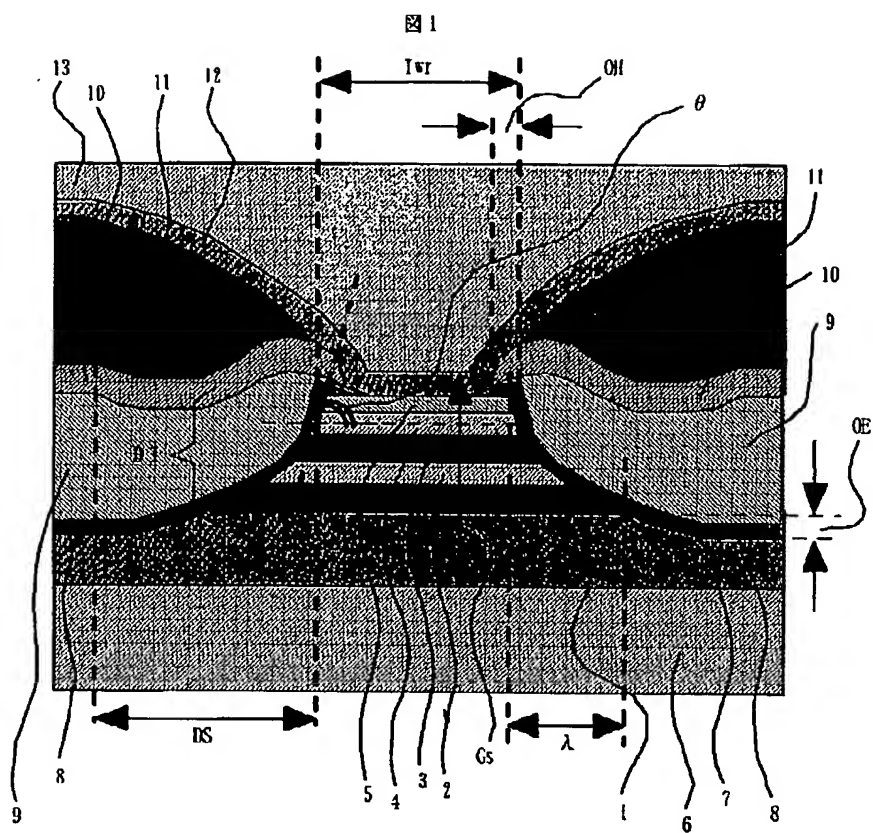
【図17】本発明の第2の実施形態における好適なデュアルスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを記録媒体との対向面から見た時の走査型電子顕微鏡写真の一例である。

【図18】本発明に係わるデュアルスピナバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドを記録媒体との対向面から見た時の横断面構造である。

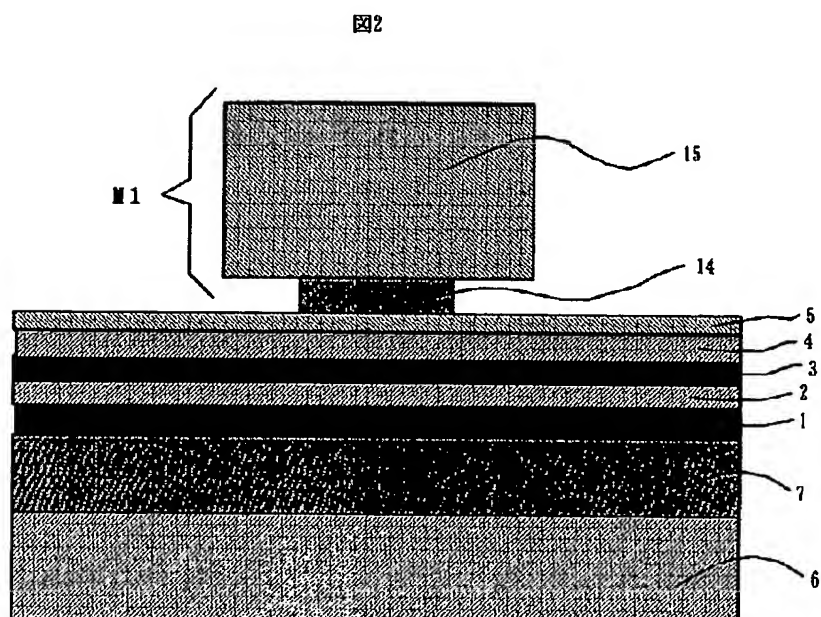
【符号の説明】

D1、D2、D3…巨大磁気抵抗効果層積層体、M1、M2、M3、M4…マスクパターン、100…下地層、1、36、101、107…反強磁性層、2、37、102、106…固定磁性層、3、38、103、105…非磁性導電層、4、39、104…自由磁性層、5、40、108…非磁性保護層、6、41、110…下部磁気シールド層、7、42、111…下部絶縁ギャップ層、8、43、120…磁区制御層の下地層、9、44、54、121…磁区制御層、10、45、122…導電層の下地層、11、46、123…導電層、12、47、130…上部絶縁ギャップ層、13、48、131…上部磁気シールド層、14、19、26…有機膜、15、16、17、20、27、31…レジスト膜、18…無機膜、21…巨大磁気抵抗効果層、22…エッチング工程におけるビーム分散角度、23、28、33、49、51…スピナバルブ型巨大磁気抵抗効果多層膜をエッチングすることにより生ずる曲線テーパ部分、24、29、34…曲線テーパ部分の幅、25、30、35、50、52、 $\theta$ 、 $\theta_1$ …自由磁性層の膜厚方向の中線における前記自由磁性層側面傾斜部の接線と中線のなす角度、 $\phi$ 、32…鉛直方向から測定したレジストのテーパ角度、

【図 1】

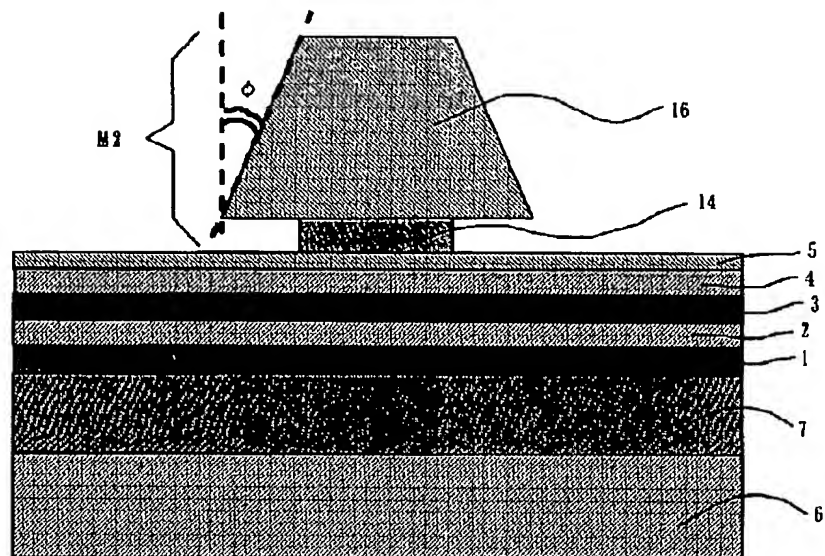


【図2】



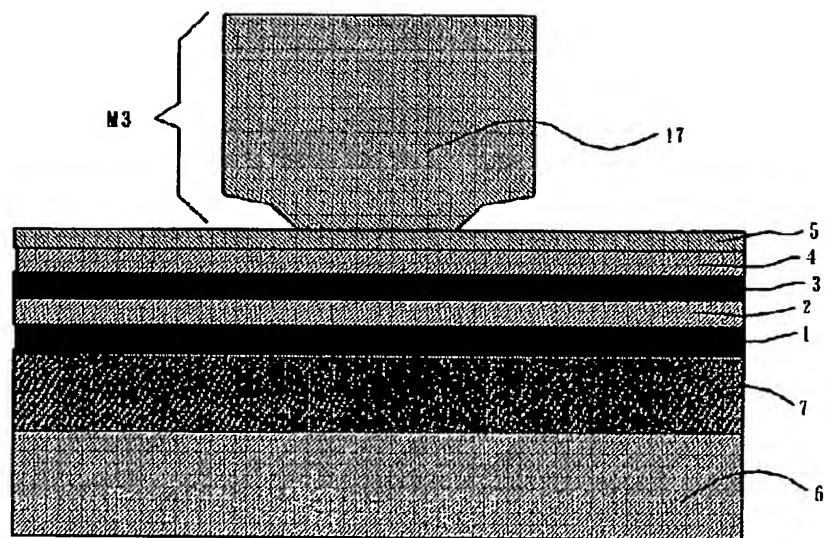
【図3】

図3



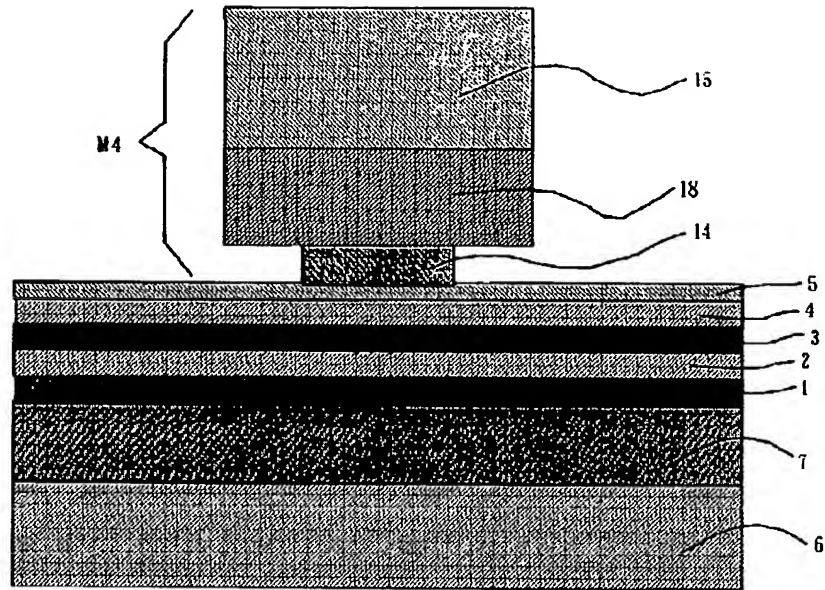
【図4】

図4



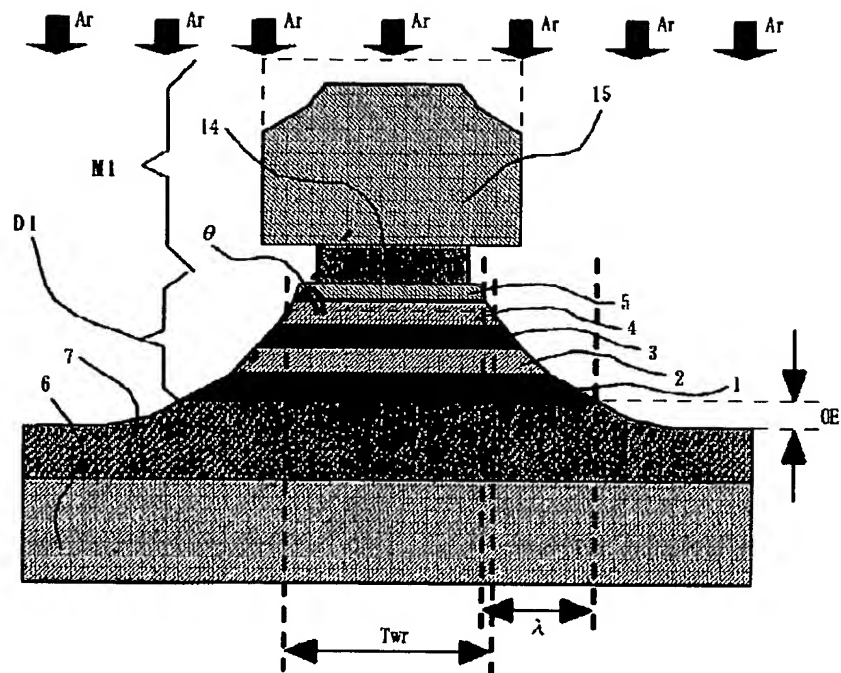
【図5】

図5



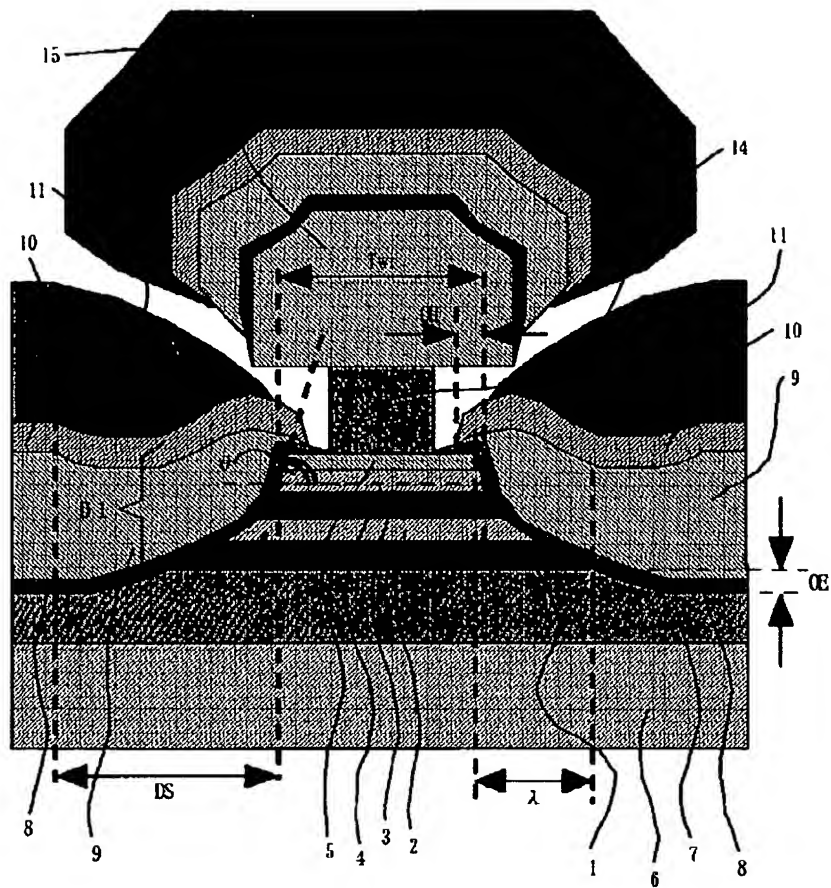
【図6】

図6



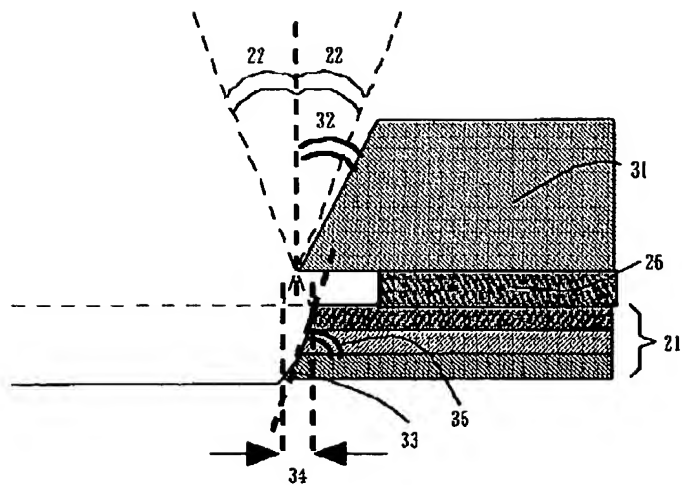
【図7】

図7



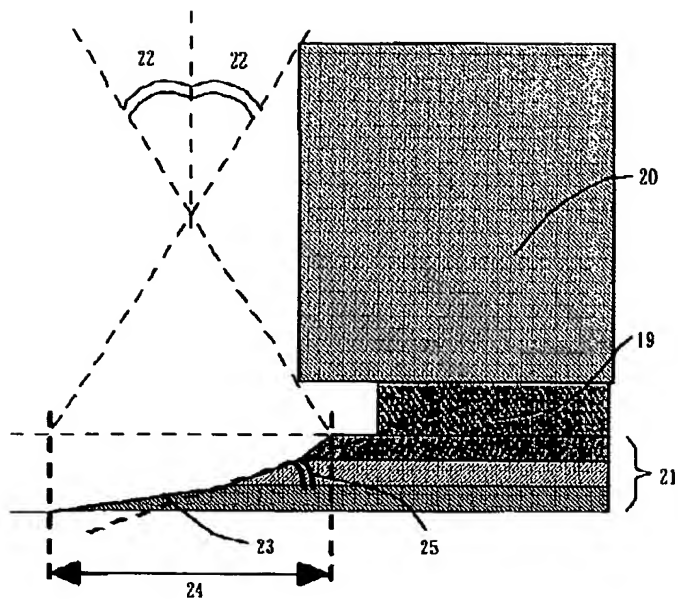
【図10】

図10



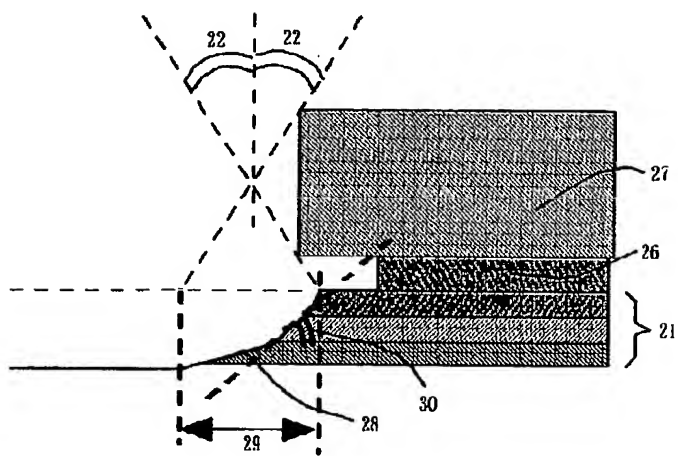
【図8】

図8



【図9】

図9

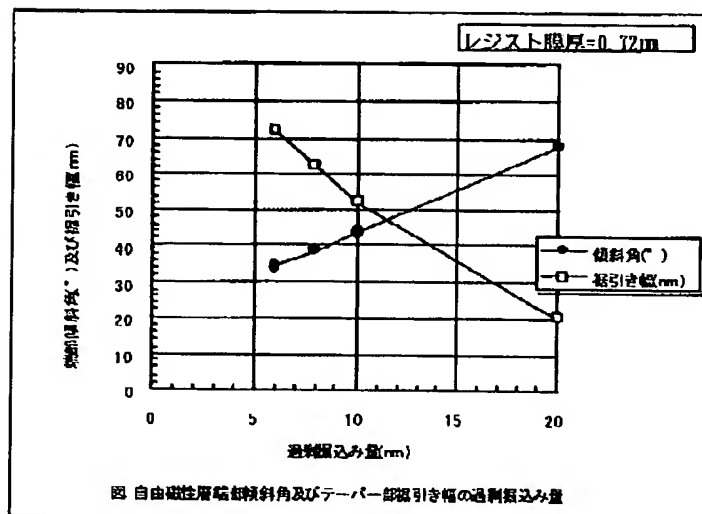






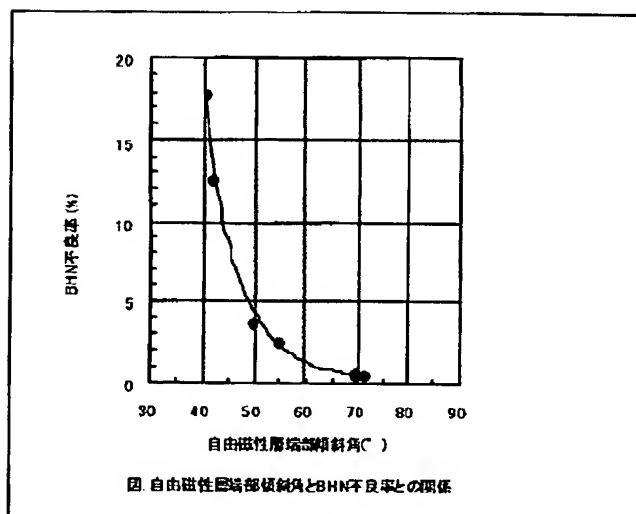
【図13】

図13



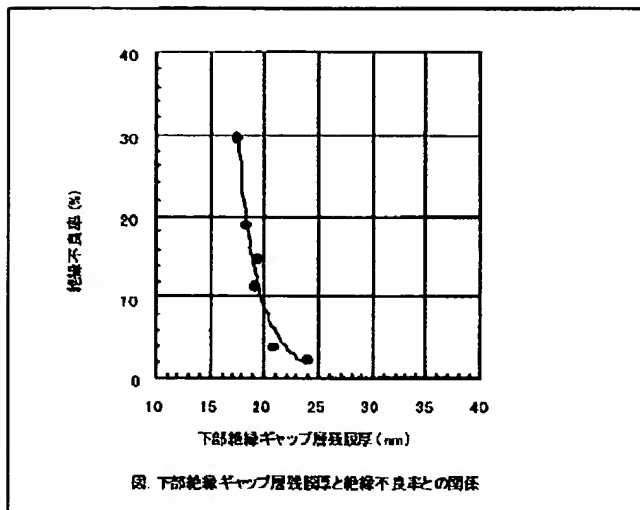
【図14】

図14



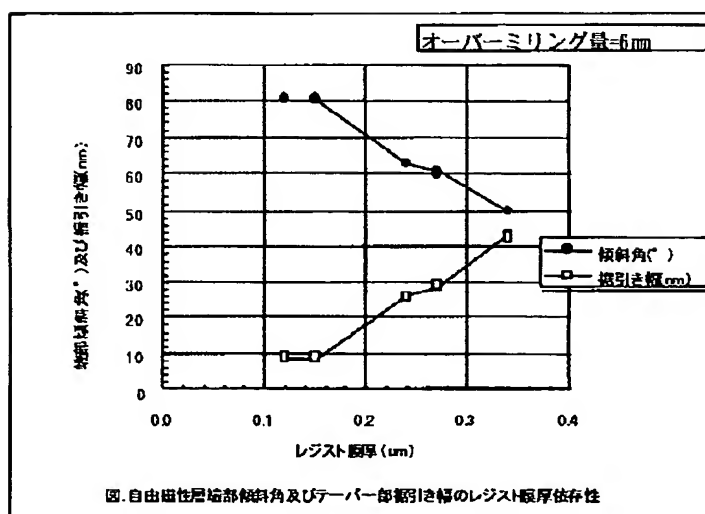
【図15】

図15



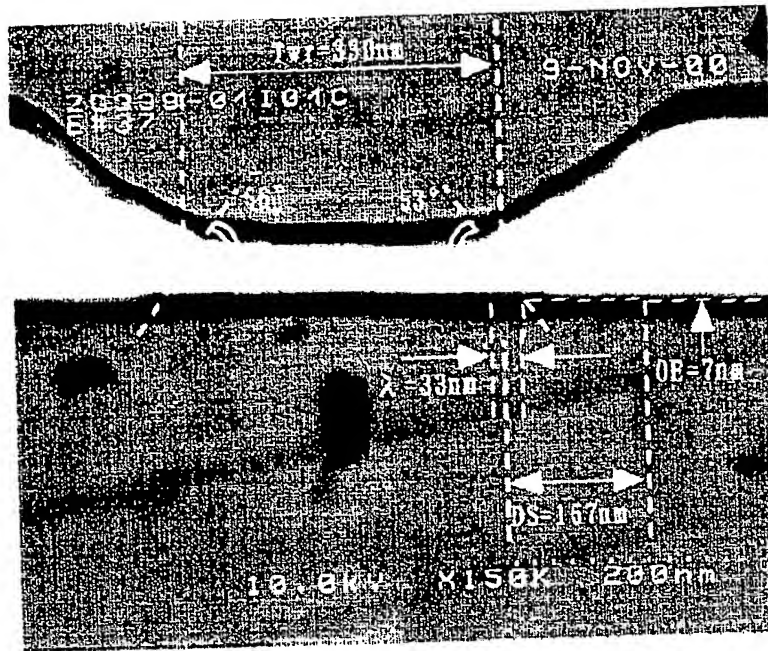
【図16】

図16



【図17】

図17



5D034 BA04 BA05 BA12 BA15 BB09  
BB12 CA04 CA08 DA04 DA07